颜色范畴知觉效应发生在大脑两半球：来自纳西族和汉族的证据*

谢书书[1]　张积家[2]　朱君[3]

（[1]集美大学师范学院，厦门 361021）（[2]中国人民大学心理学系、国家民委民族语言文化心理重点研究基地、教育部民族教育发展中心民族心理与教育重点研究基地，北京 100872）

（[3]广东省州轻工业技术学院，广东 510310）

摘 要 采用色环搜索单任务和双任务范式，考察语言中区分蓝、绿的汉族和语言中蓝、绿混用的纳西族对蓝色和绿色的辨别是否存在颜色范畴知觉效应(Categorical perception，以下简称为 CP 效应)。结果发现：(1)纳西族对蓝色和绿色的区分比汉族困难，体现了语言的作用；(2)语言中蓝、绿混用的纳西族与语言中区分蓝、绿的汉族都出现显著的蓝绿 CP 效应；(3)两民族被试的左视野的 CP 效应受到图形记忆次任务的显著干扰，说明左视野的 CP 效应与右脑激活有关。整个研究表明，颜色 CP 效应既存在普遍的知觉机制，也存在语言驱动机制，语言的作用存在直接效应。研究结果支持颜色词与颜色认知的相互作用理论。

关键词　颜色范畴知觉效应；双侧化；Whorf 假设；纳西族；汉族。

1 引言

语言是否影响颜色知觉？对这一问题，一直存在着普遍进化理论和 Whorf 假设的争论。普遍进化理论认为，不同语言使用者的颜色认知以普遍的生理规律为基础，不存在质的不同(Berlin & Kay, 1991; Boynton & Olson, 1990; Davies et al., 1991; Kay, 2002; Kay & Regier, 2003)；Whorf 假设的支持者认为，语言影响使用者的颜色知觉和颜色分类，甚至塑造其颜色知觉空间(Davidoff, Davies, & Roberson, 1999; Gilbert, Regier, Kay, & Ivry, 2006; Kay & Kempton, 1984; Levinson, 1997; Özgen & Davies, 2002; Roberson & Davidoff, 2000)。近年来，出现了第三种观点：颜色认知的普遍性和语言的影响并存，普遍进化理论和 Whorf 假设的争论会割裂颜色认知的真正机制(Jameson, 2005; Kay & Regier, 2006; Regier, Kay, & Khetarpal, 2007; Regier & Xu, 2017; Lillo et al., 2018)。目前，颜色范畴知觉效应(Categorical perception，以下简称为颜色 CP 效应)是检验上述看法的重要证据来源之一。

颜色 CP 效应是指在色块间物理差异距离相同的前提下，个体区分不同范畴色块比区分同一范畴色块更快、更加准确(Bornstein & Korda, 1984; Daoutis, Pilling & Davies, 2006; Harnad, 1987; Regier, Kay & Cook, 2005; Siok et al., 2009; Tan et al., 2008)。颜色 CP 效应是普

收稿日期：2019-03-19

* 福建省社会科学规划项目(FJ2016B286)；中国人民大学科学研究基金(中央高校科研业务费专项资金资助)项目(17XNL002)；国家留学基金(留金发[2018]3058 号)。

通信作者：张积家, E-mail: Zhangjj1955@163.com

遍的？还是由语言引起？Whorf 假设的支持者认为，语义范畴干预知觉进程，是语言导致了CP 效应。以下四方面的证据支持这一观点：(1)颜色 CP 效应具有左脑单侧化优势。只有当色块出现在右视野(左脑)时才出现 CP 效应，支持语义范畴在范畴知觉中的作用(Franklin et al., 2008; Gilbert et al., 2006; Gilbert, Regier, Kay, & Ivry, 2008; Liu et al., 2010; Mo, Xu, Kay, & Tan, 2011; Regier & Kay, 2009; Roberson, Pak, & Hanley, 2008)；(2)CP 效应受言语干扰任务影响，不受非言语干扰任务影响，表明语言在 CP 效应中起重要作用(Davidoff, 2001; Roberson & Davidoff, 2000; Winawer et al., 2007; Winawer, Witthoft, Wu, & Boroditsky, 2003)；(3)CP 效应会随着语言启动刺激变化而变化，也会因为短暂语言标签学习而变化，说明颜色词的语义编码能够引起 CP 效应变化(Bao, 2015; Edwards, 2017; Folstein, Palmeri, Van, & Gauthier, 2015; Goldstein, Davidoff, & Roberson, 2009; Maier, Glage, Hohlfeld, & Rahman, 2014; Özgen & Davies, 2002; Zhong, Li, Huang, Li, & Mo, 2018; Zhou et al., 2010)；(4)fMRI 和 ERP 研究也证实语言在 CP 效应进程中的作用(Clifford, Holmes, Davies, & Franklin, 2010; Kwok et al., 2011; Liu et al., 2010; Mo et al., 2011; Tan et al., 2008; Thierry, Athanasopoulos, Wiggett, Dering, & Kuipers, 2009)。但是，普遍进化理论的支持者提出了不同观点。他们认为，颜色 CP 效应独立于语言，是普遍存在的知觉现象，证据如下：(1)有研究发现，大脑两侧均存在 CP 效应(Brown, Lindsey, & Guckes, 2011; Fonteneau & Davidoff, 2007; Witzel & Gegenfurtner, 2013)；(2)如果语言在 CP 效应中起决定性的作用，就不应该在未学习语言的婴儿和动物身上发现CP 效应。但是，有研究者在未学习语言的婴幼儿和动物身上也发现 CP 效应(Franklin, Clifford, Williamson & Davies, 2005; Franklin & Davies, 2004; Franklin, Pilling & Davies, 2005; Franklin, Wright & Davies, 2009; Kay & Regier, 2006; Clifford, Franklin, Davies & Holmes, 2009)；(3)Holmes 和 Wolff(2012)采用有语言标签和无语言标签两种条件，要求被试进行目标刺激的环形搜索任务，发现有标签组和无标签组都出现显著的左脑单侧化优势的 CP 效应，说明语言并非是 CP 效应左脑优势的主要原因。可见，颜色 CP 效应是否呈现左脑单侧化，这一单侧化的 CP 效应是否受言语任务干扰，是考察颜色 CP 效应是否由语言驱动的关键证据。

跨文化研究也是检验 CP 效应是否由语言驱动的证据来源之一。多数 CP 效应的跨文化研究表明，持不同语言的群体的颜色 CP 效应与语言中的范畴界定一致，以此作为 Whorf 假设的有力证据。Winawer 等人(2007)发现，对亮蓝(goluboy)和暗蓝(siniy)做语言区分的俄罗斯人出现以此为范畴界限的 CP 效应，这一效应受言语干扰任务影响，不受空间干扰任务影响，说明语言范畴确实影响颜色知觉。Cibelli, Xu, Austerweil, Griffiths 和 Regier(2016)研究英语和 Berinmo 语被试的颜色知觉和记忆，由于英语被试和 Berinmo 语被试在语言上的颜色范

畴界限不同，根据两个民族的语言范畴以及实验所选色块在两个民族语言范畴中的位置，预测了被试的判断准确率，支持语言在 CP 效应中起决定性作用的看法。李杰等人(2018)采用行为实验和脑电研究，考察蒙-汉双语者区分蒙古语中 *qinker* 和 *huhe* 色的 CP 效应，发现汉语水平低的蒙-汉双语者比汉语水平高的蒙-汉双语者产生了更强的 CP 效应，证明双语者习得的第二语言范畴可以改变双语者的母语范畴。但是，Franklin 等人(2005)以 2~4 岁正在习得颜色词汇的英语幼儿和 Himba 语幼儿为被试，考察两组被试的 CP 效应是否等价。在 Himba 语中，不区分蓝和绿，颜色词范畴界限与英语不同。结果表明，两种语言的幼儿均出现了蓝绿范畴的 CP 效应，未出现跨语言的差异。研究者认为，颜色 CP 效应具有普遍性。Goldstein 等人(2009)重复了 Franklin 的实验，只发现 Himba 语幼儿在蓝紫范畴的 CP 效应，未发现在蓝绿范畴的 CP 效应。上述矛盾结果表明，需要对颜色 CP 效应的机制做进一步研究。

纳西族是中国 55 个少数民族之一，主要聚居在中国的云南省，约有 31 万人。纳西语言既有口语，也有书面语(东巴文字)，但书面语(东巴文字)只有纳西族祭司——“东巴”和少数从事与东巴文字相关职业的人在使用。纳西族的颜色词汇系统十分特殊。在纳西语中，存在着黑、白、红、黄、绿、蓝、灰、杂的基本颜色名，缺少粉红、褐、橙三个颜色名(白庚胜，2001)。但在纳西语口语中，“蓝”和“绿”经常混用，区分并不明显(张积家，刘丽虹，陈曦，和秀梅，2008)。“蓝”和“绿”的发音都可以为“haiq”(不同纳西族方言的发音有些许偏差)，当需要强调蓝绿范畴中的不同颜色时，纳西族人直接借助于与颜色相关的事物，在“haiq”前加事物名称进行颜色区分。例如，“zihaiq”(草绿)、“muhaiq”(天蓝)。在纳西东巴文中，“蓝”和“绿”也可以使用同一个单字“ ”来表示，不做区分。同样，当要强调不同的蓝绿范畴颜色时，东巴文直接通过在“ ”前面加不同的单字来表达，例如“ ”(草绿)、“ ”(天水蓝)(白庚胜，2001；张积家等，2008)。张积家等人多次考察纳西族人的颜色认知，并与汉族比较，发现纳西族蓝绿混用的语言特点影响其对蓝和绿的认知(王娟，张积家，林娜，2010；张积家等，2008；张启睿，和秀梅，张积家，2007)。

如前所述，在对语言中不区分蓝绿的 Himba 语幼儿的颜色知觉实验中，Franklin 等人(2005)发现了蓝绿范畴的 CP 效应，Goldstein 等人(2009)却未发现蓝绿范畴的 CP 效应。纳西族人蓝绿混用，是否会在颜色知觉任务中出现蓝绿范畴的 CP 效应？本研究与 Franklin 和 Goldstein 的研究采用不同实验范式，通过色块搜索任务(Gilbert et al., 2006)，以纳西族人为被试，以汉族人为参照，考察纳西族人和汉族人在蓝绿范畴色块搜索任务中是否存在颜色 CP 效应，以探讨语言对颜色 CP 效应的作用。研究拟解决三个问题：(1)语言中蓝绿混用的纳西族在蓝绿色环搜索任务中与语言中区分蓝绿的汉族是否都存在颜色 CP 效应？如果纳西

族人不存在颜色 CP 效应，说明 CP 效应与语言一致，结果支持 Whorf 假设；(2)如果纳西族人存在颜色 CP 效应，其 CP 效应是否呈现左脑单侧化？已有研究主要涉及有左脑优势的拼音语言讲话者，认为只要 CP 效应出现在右脑(左视野)，便可以反证语言的作用。本研究涉及的汉字和纳西文字对脑区激活与拼音文字不同。已有研究表明，汉字是意音文字，加工汉字时需要激活右脑(Siok, Perfetti, Jin, & Tan, 2004; Tan et al., 2001; Tan, Laird, Li, & Fox, 2005; 羊彪，许世彤，区英琦，1989)，纳西东巴文字属于靠近图画阶段的形意文字，比汉字更具空间性和象形性，应该更具有双脑优势(谢书书，张积家，2007，2012)。考察这两个民族的颜色 CP 效应，可能打破以往研究中认为的 CP 效应中语言作用只发生在左脑的逻辑；(3)采用 Gilbert 等人(2006)的范式，在实验 3 中考察言语干扰任务和非言语干扰任务对色环搜索的影响。由于语言激活的脑区不同，如果发现 CP 效应，而且 CP 效应与空间干扰任务发生资源争夺，便能够从另一个角度证实语言的作用。

2 实验 1 纳西族被试与汉族被试在色环搜索任务中的反应比较

2.1 方法

2.1.1 被试 汉族被试为大学本科生 16 名(男女各半)，年龄在 19~26 岁之间，平均年龄为 23.43 岁，母语为汉语普通话；纳西族被试为云南省丽江市纳西族人 16 名，男性 8 名，女性 8 名，年龄在 17~38 岁之间，平均年龄为 23.80 岁，母语为纳西语，对纳西文字较熟悉(部分为东巴，部分从事与东巴文字相关的工作)，只接受过小学水平的汉文化教育，平时均以纳西语交流。被试均为右利手，视力正常或矫正视力正常，无色盲及色弱现象。

2.1.2 仪器 采用 E-prime2.0 软件编程。用 IBM17 英寸显示器呈现材料，屏幕分辨率为 1024×768 像素。

2.1.3 材料 所使用色块参照 Gilber 等(2006)及 Zhong 等(2018)的研究，如图 1 所示。选择 G1(绿色)、G2(偏绿)、B1(偏蓝)、B2(蓝色)为实验材料。以孟塞尔颜色系统(Munsell Color System)标识色块分别为：G1(7.5G)、G2(7.5BG)、B1(2.5BG)、B2(2.5B)。以 CIE 系统标识色块，4 个色块的 xyY 值分别为：G1=0.256，0.374，73.5；G2=0.242，0.342，72.5；B1=0.228，0.308，76.8；B2=0.215，0.275，62.9。

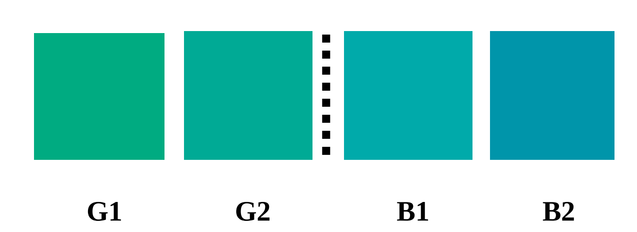
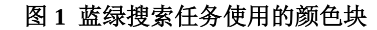



图 1 蓝绿搜索任务使用的颜色块

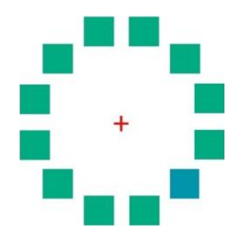


图 2 蓝绿色环搜索任务的刺激样例

在计算机中将所选色块制作为像素为 160×160 颜色块，每次选择两个色块制作成实验刺激，样例如图 2 所示。任务是色环搜索，要求被试在含有 12 个色块的圆环内找出 1 个与其它 11 个颜色不同的色块。在 12 个色块中，11 个是相同颜色(干扰刺激)，只有 1 个与其它颜色不同(目标刺激)。4 个色块有 6 种目标刺激和干扰刺激的组合方式：(1)范畴内且色差为 1 级的组合有 2 个：蓝色/偏蓝色、绿色/偏绿色；(2)范畴间且色差为 1 级的组合有 1 个：偏蓝色/偏绿色；(3)范畴间且色差为 2 级的组合有 2 个：蓝色/偏绿色，绿色/偏蓝色；(4)范畴间且色差为 3 级的组合有 1 个：蓝色/绿色。每个组合里两种颜色可以互为目标刺激和干扰刺激。即，4 个色块有 12 种组合。目标刺激在 12 个位置上各出现 1 次，组成 12×12 共 144 个色环组合作为实验刺激。实验时，144 个刺激随机呈现。

实验还要考察“视野”这一自变量，即考察当目标色块出现在色环左边和右边时的判断差异。为防止被试对色环左右两边进行平行扫描，限制色环呈现时间。研究表明，当刺激呈现时间在 200ms 以内时，双眼没有足够时间对图形进行水平扫描(Gilbert et al., 2006)。将色环呈现时间控制在 200ms，以此来约束眼球运动，保证左视野仅扫描色环的左边，右视野仅扫描色环的右边。

2.1.4 设计与程序 2(民族：汉族/纳西族)×2(颜色范畴：范畴间/范畴内)×2(目标刺激呈现视野：左视野/右视野)混合设计。其中，民族为被试间变量，范畴和视野为被试内变量。采用 E–Prime 系统编程。在正式实验前，被试先练习。在被试做出判断后，给予正确和错误的反馈，旨在让被试熟悉实验流程。正式实验与练习的唯一不同是不给予反馈。实验程序是：首先呈现“+”注视点 1000ms，然后，围绕注视点出现色环 200ms，要求被试又快又准地判断目标刺激是出现在色环左边(即左边六个色块中的一个)还是出现在色环右边(即右边六个色块中的一个)。如果目标刺激出现在色环左边，按 F 键，如果目标刺激出现在色环右边，按 J 键。被试按键后，空屏 250ms，之后呈现下一组刺激。若被试在 2500ms 内未做出判断，自动进入空屏 250ms，接着呈现下一组刺激。计算机自动记录从刺激呈现到被试反应的时间间隔及错误率，计时单位为 ms，误差为±1ms。每个色环仅出现 1 次，被试需要对 144 个刺激做出判断。

2.2 结果与分析

根据颜色 CP 效应的定义，本研究重点关注在相同色差等级前提下，被试在范畴内、外和在左、右视野中的表现。在每位被试的 144 个数据中，只有色差等级为 1 的 72 个数据满足此条件。在这 72 个数据当中，48 个为范畴内搜索，24 个为范畴间搜索，相互间具有可比性。反应时分析时剔除错误反应和 M±3SD 之外的数据，反应时的有效数据量为 2012 个，

占总数据量的 87.32%。两民族被试搜索出现在不同视野的目标刺激的平均反应时及平均错误率见表 1。

表 1　被试搜索不同视野目标色块的平均反应时(ms)和错误率(%)

民族	反　应	左视野		右视野	
		范畴间	范畴内	范畴间	范畴内
汉族	反应时	374(90)	402(101)	373(87)	394(90)
	错误率	9.38(10.49)	20.31(15.20)	3.13(6.72)	10.94(7.89)
纳西族	反应时	431(132)	535(128)	458(185)	511(123)
	错误率	12.50(11.39)	27.69(18.21)	10.42(13.44)	19.27(13.85)

注：括号内的数字为标准差，下同。

反应时的方差分析表明，民族的主效应显著，F(1，30)=7.78，p=0.009<0.01，η_p^2=0.21，95%CI=[0.014，0.42]。均数比较表明，汉族被试的反应显著快于纳西族被试；颜色范畴的主效应显著，F(1，30)=14.00，p=0.001，η_p^2=0.32，95%CI=[0.07，0.52]。被试搜索不同范畴色块显著快于搜索同一范畴色块；其他的主效应和交互作用均不显著，ps>0.05。错误率的方差分析表明，民族的主效应显著，F(1，30)=5.30，p<0.05，η^2=0.15，95%CI=[0，0.37]。纳西族被试搜索色块的错误率显著高于汉族被试；范畴的主效应非常显著，F(1，30)=29.61，p<0.001，η_p^2=0.49，95%CI=[0.22，0.66]。被试搜索同一范畴色块的错误率显著高于搜索不同范畴色块；视野的主效应显著，F(1，30)=9.68，p<0.01，η_p^2=0.24，95%CI=[0.03，0.46]。被试搜索左视野色块的错误率显著高于搜索右视野色块。所有的交互作用均不显著，ps>0.05。

将被试区分范畴间和范畴内色块的反应时及错误率相减，得出被试在左、右视野的颜色 CP 效应量，两民族被试在左、右视野的反应时和错误率的 CP 效应量平均值如表 2 所示。

表 2　被试在左、右视野的反应时(ms)和错误率(%)CP 效应量的平均值

民族	反　应	左视野 CP 效应量	右视野 CP 效应量
汉族	反应时	28(56)	21(62)
	错误率	10.93(20.35)	7.81(10.31)
纳西族	反应时	104(82)	53(161)
	错误率	15.19(14.93)	8.85(15.05)

反应时 CP 效应量的方差分析表明，只有民族的主效应边缘显著，F(1，30)=3.87，p=0.059，η_p^2=0.11，95%CI=[0，0.33]。均数比较表明，纳西族被试的效应量显著高于汉族被试。错误

率效应量的方差分析表明，各种主效应及交互作用均不显著，*ps*>0.05。

因此，实验 1 表明：(1)纳西族被试对蓝、绿的辨别比汉族更困难；(2)纳西族被试和汉族被试均出现显著的颜色 CP 效应。纳西族的 CP 效应量高于汉族被试；(3)两组被试在左、右视野均出现显著的 CP 效应。

2.3 讨论

纳西族被试对蓝绿颜色的辨别比汉族更困难，这一结果与之前研究结果一致(张启睿等，2007；张积家等，2008；王娟等，2010)。纳西族人在语言使用中混淆“蓝”和“绿”，影响其对蓝色和绿色的知觉辨认速度和准确率。然而，这里存在着另外的可能性：纳西族对颜色的知觉辨认能力总体上差于汉族，或者，由于文化程度的差异，纳西族被试的计算机操作能力总体上差于汉族被试，因而导致对蓝色和绿色的知觉辨认速度和准确率差于汉族被试。为了排除这些可能性，进行了实验 2。

3 实验 2 纳西族被试与汉族被试在蓝绿和红紫范畴判断中的反应比较

3.1 方法

3.1.1 被试 同实验 1。

3.1.2 材料 使用蓝绿色环搜索任务中 G1、G2、B1、B2 为蓝绿范畴判断任务的材料，选择 R1(红)、R2(偏红)、P1(偏紫)、P2(紫)作为红紫范畴判断任务的材料。以孟塞尔颜色系统标识红紫色块分别为：R1(2.5R)、R2(2.5RP)、P1(7.5RP)、P2(7.5P)。以 CIE 系统标识色块标识红紫色块 xyY 值分别为：R1=0.483，0.148，108.8；R2=0.434，0.125，104.8；P1=0.385，0.154，148.9；P2=0.344，0.183，201.2。红紫范畴判断任务使用材料如图 3 所示。

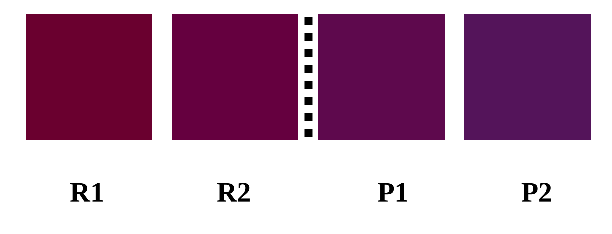


图 3 红紫范畴判断任务使用的色块

3.1.3 设计与程序

2(民族：汉族/纳西族)×2(范畴：蓝绿/红紫)混合设计。蓝绿范畴判断任务和红紫范畴判断任务分为两个区间。每个区间程序如下：首先出现“+”注视点 1000ms，注视点消失后，在屏幕中央出现实验材料中四个色块中任意一个，呈现时间为 200ms，要求被试按 F 键或 J

键判断色块是蓝色还是绿色(红色还是紫色)，提示被试快又准地完成实验。每个色块出现 10 次，每种颜色范畴判断任务共有 40 个刺激。被试在练习后进行实验。随机安排一半被试先进行区间 1，再进行区间 2，另一半被试先进行区间 2，再进行区间 1。

3.2 结果与分析

反应时分析时剔除错误反应和 *M*±3*SD* 之外的数据，反应时的有效数据量为 2106 个，占总数据量的 82.27%。两民族被试判断蓝绿范畴色块和判断红紫范畴色块的平均反应时及平均错误率见表 3。

表 3 被试判断不同颜色范畴色块的平均反应时(ms)和错误率(%)

民族	反应	蓝-绿范畴判断	红-紫范畴判断
汉族	反应时	366(86)	409(121)
	错误率	9.13(6.55)	14.13(10.70)
纳西族	反应时	431(78)	377(82)
	错误率	29.03(21.71)	18.33(10.25)

反应时的方差分析表明，民族和颜色范畴的交互作用显著，$F(1，30)=6.17$，$p<0.05$，$\eta_p^2=0.18$，95%CI=[0.004，0.39]。简单效应分析表明，汉族被试和纳西族被试的反应时只在蓝绿范畴判断时差异显著，$F(1，30)=4.68$，$p<0.05$，在红紫范畴判断时差异不显著，$p>0.05$。民族和颜色范畴的主效应均不显著，*ps*>0.05。错误率的方差分析表明，民族的主效应显著，$F(1，30)=14.04$，$p=0.001$，$\eta_p^2=0.27$，95%CI=[0.070，0.52]。均数比较显示，纳西族被试的错误率显著高于汉族被试。民族和颜色范畴的交互作用显著，$F(1，30)=9.47$，$p<0.01$，$\eta_p^2=0.20$，95%CI=[0.028，0.45]。简单效应分析表明，汉族和纳西族被试的错误率只在蓝绿范畴判断时显著，$F(1，30)=17.40$，$p<0.001$，在红紫范畴判断时差异不显著，$p>0.05$。

3.3 讨论

实验 2 表明，纳西族并非在所有颜色知觉判断中都比汉族差。已有研究也发现，在对黑色色块的相似性判断和再认中，纳西族被试反应比汉族更快、更准确(谢书书，张积家，和秀梅，林娜，肖二平，2008)。由此可见，在实验 1 的蓝绿色环搜索任务中，纳西族被试所以出现搜索困难，与语用中蓝绿混用有关。

回溯到实验 1，为什么纳西族和汉族被试在左、右视野均出现显著的蓝绿 CP 效应？有几种可能：(1)颜色 CP 效应是普遍的，不受语言影响；(2)实验 1 中的蓝绿 CP 效应可能由语言作用所致，语言作用可能是直接效应，也可能是间接效应。虽然在纳西语中蓝和绿混用，

但在日常生活中，当强调蓝绿范畴中不同颜色时，会在表达蓝绿的词汇“haiq”前添加相关事物名称，最常添加的是“草(zi)”和“天(mu)”，用来区分“像草一样的蓝绿色”和“像天一样的蓝绿色”。借助事物名称进行颜色描述是否也是一种语言分类标签？即，纳西族人给接近“草”的和接近“天”的蓝绿色贴上不同语言标签。这意味着，纳西族被试仍然可能在实验中借助语言标签来完成任务。在实验 2 的蓝绿范畴判断中，纳西族被试虽然对蓝和绿的区分反应时长，错误率高，但均能完成实验，也预示这种可能性。在实验 1 完成后，主试让参加实验的纳西族人对蓝绿范畴的四个色块进行精细命名，多数被试将 G1 和 G2 命名为“zihaiq”(草绿)，将 B1 和 B2 命名为“muhaiq”(天蓝)。可见，纳西族被试区分“zihaiq”(草绿)和“muhaiq”(天蓝)的知觉界限亦处在 G2 和 B1 之间。纳西被试对蓝绿颜色辨认比汉族慢且错误率高，当色块出现可借助的语言标签时，效应便会比汉族更明显；(3)如果 CP 效应由语言造成，又如何解释两组被试的 CP 效应在左、右视野都存在？如前所述，汉字是意音文字，加工汉字会引起右脑激活(Siok et al., 2004; Tan et al., 2001; Tan et al., 2005; 羊彪等，1989)。相对于汉字，纳西东巴文字属于靠近图画阶段的形意文字，比汉字更有空间性和象形性(谢书书，张积家，2007，2012；王娟，张积家，2012)，对右脑有更多激活。实验 1 发现的左视野的 CP 效应可能与此有关。当然，也可能是源发性的右脑 CP 效应，或语言的间接效应，即语言塑造了颜色知觉空间，右脑无需依靠左脑言语加工的协助，亦会形成与语言一致的范畴界限。

综上所述，纳西族被试判断蓝、绿比汉族被试更困难，证实了语言影响颜色知觉；两个民族均出现显著的颜色 CP 效应，可能是语言在颜色搜索中的标签作用，也可能是普遍的 CP 效应，或语言的间接效应；两个民族的颜色 CP 效应同时出现在左、右视野，可能与两个民族的语言文字对右脑的激活有关，也可能是普遍的 CP 效应，或语言的间接效应。因此，需要通过双任务范式做进一步考察。

4 实验 3 纳西族被试和汉族被试在色环搜索双任务中的反应比较

实验 3 采用双任务范式，要求被试在进行色环搜索的同时，完成图形记忆任务。图形记忆任务主要占用右脑的资源。如果实验 1 中两民族被试在左视野的颜色 CP 效应是由于直接借助于语言引起，而且语言又激活右脑，两个民族被试在左视野的颜色 CP 效应将会受到图形记忆任务的显著干扰，右视野受到干扰应该小。如果实验 1 中出现的 CP 效应并非由语言的直接效应引起，而是普遍的 CP 效应，或语言的间接效应，图形记忆任务对左、右视野颜色 CP 效应的干扰应差异不大。为确保实验结果确实由上述原因引起，而非由双任务的其

他因素所致，实验 2 除以图形记忆作为次任务外，还以言语任务作为次任务进行比较。

4.1 方法

4.1.1 被试 汉族被试为大学本科生 20 名(男女各半)，年龄在 19~26 岁之间，平均年龄为 22.35 岁，母语为汉语普通话，平时以普通话交流；纳西族被试同实验 1。被试均为右利手，视力正常或矫正视力正常，无色盲及色弱现象。

4.1.2 材料 使用实验 1 中 144 个刺激作为色环搜索材料。另外，制作了 15 张由黑白格子构成的图片作为图形干扰任务材料，每张图片均由 25 个格子构成，12 个为黑色格子，13 个为白色格子。15 张图片呈现的黑白格子排列均不同。图 4 为图形干扰任务材料样例。另外，制作了 9 张写有汉语颜色词的图片作为言语干扰任务材料，分别写有“红色”、“棕色”、“紫色”、“黄色”、“白色”、“褐色”、“灰色”、“黑色”、“橙色”。图 5 为言语干扰任务材料样例。两民族被试均使用汉语颜色词作为干扰材料。实验前确认所有被试均能识别上述汉字词。

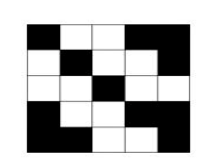


图 4 图形干扰任务的材料范例



图 5 言语干扰任务材料范例

4.1.3 仪器 采用 E-prime2.0 软件编程。用 IBM17 英寸显示器呈现材料，屏幕分辨率为 1024×768 像素。

4.1.4 程序 包含两个区间，区间 1 是“色环搜索+图形记忆”双任务；区间 2 是“色环搜索+颜色词记忆”双任务。在正式实验前，被试进行练习。正式实验与练习阶段的唯一不同是不给予反馈。随机安排一半被试先进行区间 1，再进行区间 2，另一半被试先进行区间 2，再进行区间 1。

“色环搜索+图形记忆”双任务程序如下：首先，呈现注视点“+”1250ms，接着出现黑白格子图形 1250ms，要求被试识记。图形消失后，再次出现注视点 1250ms，然后围绕注视点出现色环 200ms，要求被试又快又准地按键判断目标色块出现在色环左边还是在色环右边。如果出现在左边，按 F 键；如果出现在右边，按 J 键。被试按键后，空屏 250ms，然后呈现下一组刺激。若被试在 2500ms 内未做出判断，自动进入 250ms 空屏，接着呈现下一组刺激。同样，呈现注视点 1250ms 后，出现黑白格子图形 1250ms，要求被试迅速判断该图形与上次出现图形是否一致，如一致，按 S 键，如不一致，不做反应，只需识记该图形。依次循环直至实验结束。由于图形记忆任务的按键反应可能影响对色环的按键反应，相邻两

个颜色词相同的机率仅为 10%。实验流程见图 6。“色环搜索+颜色词记忆”双任务程序与“色环搜索+图形记忆”双任务基本相同，唯一区别是将黑白格子图形记忆换成颜色词记忆。实验流程见图 7。

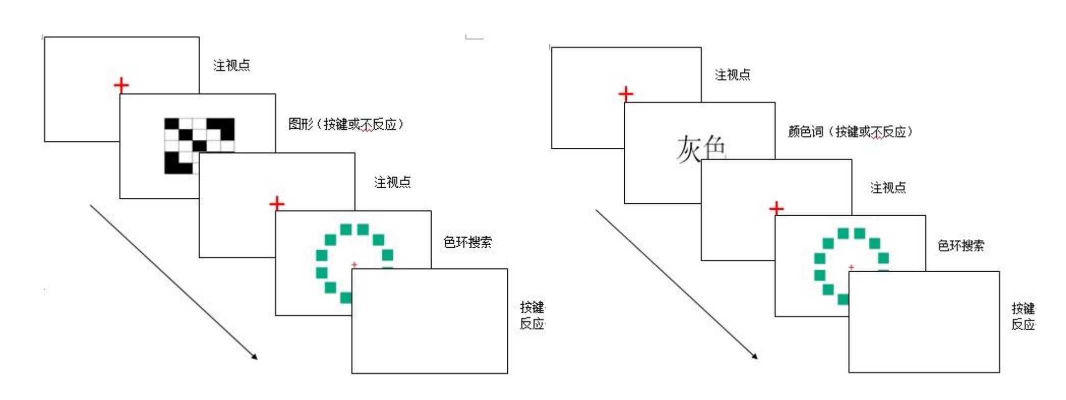


图 6 色环搜索+图形记忆双任务流程图　　图 7 色环搜索+颜色词记忆双任务流程图

4.2 结果与分析

4.2.1 图形干扰任务对左、右视野范畴知觉效应的影响

在图形干扰双任务中，反应时分析时剔除错误反应和 *M*±3*SD* 之外的数据，反应时的有效数据量为 2216 个，占总数据量的 85.49%。被试的平均反应时及错误率见表 4。

表 4 图形干扰任务下被试搜索不同视野目标色块的平均反应时(ms)和错误率(%)

民　族	反　应	左视野		右视野	
		范畴间	范畴内	范畴间	范畴内
汉　族	反应时	482(102)	520(100)	418(77)	485(83)
	错误率	9.16(13.76)	20.83(13.92)	3.33(6.84)	11.25(11.24)
纳西族	反应时	528(166)	543(129)	431(97)	478(132)
	错误率	21.88(25.62)	34.37(17.97)	11.46(15.77)	13.54(11.74)

反应时的 2(民族：汉族/纳西族)×2(颜色范畴：范畴间/范畴内)×2(视野：左视野/右视野)混合设计方差分析表明，颜色范畴的主效应显著，$F(1，34)=19.15$，$p<0.001$，$\eta_p^2=0.37$，95%CI=[0.12，0.56]。均数比较表明，被试搜索不同范畴色块显著快于搜索同一范畴色块；视野的主效应极其显著，$F(1，34)=18.91$，$p<0.001$，$\eta_p^2=0.37$，95%CI=[0.11，0.56]。被试搜索右视野的色块显著快于搜索左视野的色块。民族的主效应不显著，$F(1，34)=0.31$，$p=0.583>0.05$。从均数上看，当目标色块出现在左视野时，汉族被试和纳西族被试的反应时都因图形干扰任务而增长，但当目标色块出现在右视野时，纳西族被试的反应时受到干扰小，汉族被试的反应时仍然因干扰任务而增长，缩短了两民族被试的反应时差距。这说明，纳西

族被试进行色环搜索时对左脑(右视野)依赖较小，对右脑(左视野)依赖较大，汉族被试可能对双脑都有所依赖。视野与颜色范畴的交互作用显著，F(1，34)=4.75，p<0.05，η_p^2=0.13，95%CI=[0，0.34]。简单效应分析表明，当目标色块呈现在右视野时，搜索同一范畴色块显著慢于搜索不同范畴色块，p<0.001；当目标色块呈现在左视野时，搜索同一范畴色块与搜索不同范畴色块的反应时差异不显著，p>0.05。其它的交互作用均不显著，ps>0.05。因此，反应时分析表明，图形记忆次任务对右视野的 CP 效应并无显著影响，却显著干扰左视野的 CP 效应。

错误率的方差分析表明，民族的主效应显著，F(1，34)=6.61，p<0.05，η_p^2=0.16，95%CI=[0，0.38]。均数比较表明，纳西族被试搜索色块的错误率显著高于汉族被试；颜色范畴的主效应极其显著，F(1，34)=16.51，p<0.001，η_p^2=0.32，95%CI=[0.09，0.53]。被试搜索同一范畴色块的错误率显著高于搜索不同范畴色块；视野的主效应非常显著，F(1，34)=24.84，p<0.01，η_p^2=0.40，95%CI=[0.17，0.61]。被试搜索左视野色块的错误率显著高于搜索右视野色块。所有的交互作用均不显著，ps>0.05。从均数差来看，错误率的结果也显示图形记忆次任务对左视野(投射到右半球)CP 效应的干扰，但并不显著。

两民族被试在色环搜索-图形记忆双任务中左、右视野的反应时和错误率的 CP 效应量平均值如表 5 所示。

表 5 被试在色环搜索-图形双任务中左、右视野的反应时(ms)和错误率(%)CP 效应量的平均值

民族	反　应	左视野 CP 效应量	右视野 CP 效应量
汉族	反应时	38(64)	67(47)
	错误率	11.67(18.26)	7.92(14.14)
纳西族	反应时	15(102)	47(55)
	错误率	12.49(16.49)	2.08(14.04)

反应时 CP 效应量的方差分析表明，只有视野的主效应显著，F(1，34)=4.78，p<0.05，η_p^2=0.13，95%CI=[0，0.33]。均数比较表明，两民族被试右视野的效应量显著高于左视野。错误率效应量的方差分析表明，只有视野的主效应边缘显著，F(1，34)=3.87，p=0.058，η_p^2=0.11，95%CI=[0，0.30]。可见，左视野的 CP 效应受到图形记忆次任务的显著干扰。

4.2.2 言语干扰任务对左、右视野范畴知觉效应的影响

反应时分析时剔除错误反应和 M±3SD 之外的数据，反应时的有效数据量为 2118 个，占总数据量的 81.71%。被试的平均反应时及平均错误率见表 6。

表 6 言语任务干扰下被试搜索不同视野目标色块的平均反应时(ms)和错误率(%)

民 族	反 应	左视野		右视野	
		范畴间	范畴内	范畴间	范畴内
汉 族	反应时	466(105)	486(108)	436(123)	428(105)
	错误率	14.82(16.06)	20.83(12.54)	12.03(18.79)	12.96(14.36)
纳西族	反应时	538(181)	544(136)	464(120)	490(86)
	错误率	24.60(20.15)	28.97(20)	14.29(19.92)	17.86(17.73)

反应时的 2(民族：汉族/纳西族) ×2(颜色范畴：范畴间/范畴内)×2(视野：左视野/右视野)混合设计的方差分析表明，只有视野的主效应非常显著，$F(1，34)=9.77$，$p<0.01$，$\eta_p^2=0.21$，95%CI=[0.03，0.43]。均数比较表明，被试搜索右视野色块显著快于搜索左视野色块。错误率的方差分析表明，只有视野的主效应显著，$F(1，34)=6.45$，$p<0.05$，$\eta_p^2=0.16$，95%CI=[0.01，0.37]。均数比较表明，目标色块出现在右视野时的错误率显著低于出现在左视野时。这表明，在言语任务干扰条件下，无论是纳西族被试还是汉族被试，无论刺激出现在左视野还是出现在右视野，范畴间色块搜索的优势消失了，即颜色 CP 效应消失了。

两个民族被试在色环搜索-言语干扰双任务中左、右视野的反应时和错误率的 CP 效应量平均值如表 7 所示。

表 7 被试在色环搜索-言语双任务中左、右视野的反应时(ms)和错误率(%)CP 效应量的平均值

民族	反 应	左视野 CP 效应量	右视野 CP 效应量
汉族	反应时	20(58)	-8(86)
	错误率	6.01(12.72)	0.93(4.53)
纳西族	反应时	6(142)	26(98)
	错误率	4.37(18.23)	3.57(8.24)

反应时 CP 效应量的 2(民族：汉族/纳西族) ×2(颜色视野：左视野/右视野)混合设计方差分析表明，各种主效应和交互作用均不显著，$ps>0.05$。错误率 CP 效应量的方差分析表明，各种主效应和交互作用均不显著，$ps>0.05$。结合均数值可见，两个民族在左、右视野的颜色 CP 效应均受到言语干扰任务的显著干扰。

将纳西族和汉族被试在三种任务条件下左、右视野的 CP 效应量进行比较，详见表 8。

表 8 被试在三种任务条件下左、右视野的范畴知觉效应量

民 族	反 应	左视野			右视野		
		单任务	图形干扰双任务	言语干扰双任务	单任务	图形干扰双任务	言语干扰双任务
汉 族	反应时(ms)	28	38	20	21	67	﹣8
	错误率(%)	10.93	11.67	6.01	7.81	7.92	0.93
纳西族	反应时(ms)	104	15	6	53	47	26
	错误率(%)	15.19	12.49	4.37	8.85	2.08	3.57

综合实验 1 和实验 3 的结果如下：(1)在单任务条件下，两民族的被试在左、右视野均出现了显著的 CP 效应；(2)在图形干扰双任务下，两民族被试的左视野 CP 效应均受到显著干扰，但右视野 CP 效应依然存在。从效应量上看，纳西族受到的干扰比汉族大；(3)在言语干扰双任务下，两个民族的被试的左、右视野 CP 效应均不再显著，说明受到了显著干扰。

5 综合讨论

本研究得到有趣的结果：(1)在语用中蓝、绿混用的纳西族被试在颜色搜索时比汉族被试更困难，这体现了语言的影响；(2)在语用中蓝绿混用的纳西族被试与汉族被试一样，出现双侧化的颜色 CP 效应；(3)两民族被试的左视野颜色 CP 效应受图形记忆任务干扰，双侧的 CP 效应受言语任务干扰。下面就对研究结果做一些讨论。

5. 1 关于语言影响颜色知觉：语言的直接效应

纳西族被试对蓝绿颜色的辨别比汉族被试更困难，这与之前研究的结果一致(张启睿等，2007；张积家等，2008；王娟等，2010)。纳西族人在语用中蓝绿混用，影响对蓝色和绿色的知觉辨认速度和准确率。张启睿(2007)等考察纳西族被试对 11 种基本颜色词分类，发现在纳西族基本颜色词语义空间中，蓝和绿之间语义距离比其他民族更近。张积家等(2008)采用颜色相似性判断、颜色分类和颜色再认任务考察汉族被试和纳西族被试对蓝和绿的认知，发现纳西族被试对蓝和绿的知觉辨别能力、颜色分类能力和颜色再认能力显著地比汉族被试差。然而，谢书书等(2008)关于彝族、白族、纳西族和汉族对黑白颜色认知的研究表明，纳西族被试对黑色认知快于汉族被试。实验 2 显示，纳西族被试和汉族被试对红紫的知觉速度和准确率并无显著差异。由此可见，纳西族被试对蓝绿辨认困难是由语言所致，证明语言影响颜色知觉。那么，这种影响是即时性的，还是根源性的？

语言对颜色范畴知觉的即时影响被称为语言的直接效应(direct language effects)，它是指语言在个体完成颜色知觉过程中作为一种策略被在线激活，以帮助个体完成任务(Özgen &

Davies, 2002)。在颜色知觉任务中，被试可以通过命名范畴间色块来辅助区分，范畴内色块难以命名，因此出现 CP 效应。目标色块的可命名性影响 CP 效应。语言对颜色知觉的根源性影响被称为语言的间接效应(indirect language effects)，它是指语言可以塑造颜色知觉表征，使颜色知觉范畴空间与语义范畴空间一致。即使没有语言策略的在线辅助，在颜色知觉中也会出现 CP 效应(Pilling & Davies, 2004)。本研究发现，语用中蓝绿混用的纳西族人不但出现显著的蓝绿 CP 效应，且效应量比在语用中区分蓝绿的汉族人更强。这可能是因为纳西族人在需要强调蓝绿范畴不同情况下，会借助于相关事物名称来表达的"借物呈色"的特点所致。在实验中，纳西族被试可以借助"zihaiq(草绿)"来标签 G1、G2，借助"muhaiq(天蓝)"来标签 B1、B2，虽然在整体上速度较慢，错误率较高，但可标签的范畴间色块与不可标签的范畴内色块比较，还是存在显著差异，因此产生 CP 效应。如果是这样，语言的标签作用在此就有所体现，支持语言影响颜色知觉的直接效应。

但是，本研究却未发现 CP 效应的右视野/左脑的单侧化特点。这一结果是否与语言的标签作用相悖？此时，就需要考虑语言的脑区激活特点。已有研究大多以使用拼音文字的被试为对象，拼音文字主要激活左脑，本研究涉及的纳西文字和汉字都不同程度地对右脑有激活。在实验 3 中，图形记忆任务显著干扰左视野 CP 效应，证明语言的直接参与以及语言对右脑的激活。图形干扰任务需要占用右脑资源，CP 效应产生也需要占用右脑资源，二者发生资源争夺，说明语言实时参与了左视野的色块搜索过程。在言语干扰双任务中，汉族被试和纳西族被试左、右视野的 CP 效应均受到显著干扰，也证实了语言的直接效应。

5.2 关于是否存在普遍的知觉范畴

本研究也在某种程度上证实了普遍知觉范畴的存在。在纳西语中，虽然蓝和绿混用，但纳西族人可以依据颜色知觉信息给蓝和绿赋予"zihaiq(草绿)"和"muhaiq(天蓝)"的标签，当知觉信息到达某个界限之前判断为与"草"接近的颜色，达到某个界限之后判断为与"天"接近的颜色。这说明，纳西族存在与其他民族一致的普遍知觉界限。这一推论与诸多研究一致。Kay(2002)将 Levinson(1997)对 Yeli Dnye 语被试和 Roberson 等(2000)对 Berinmo 语被试的颜色命名实验数据重新统计后发现，虽然这两个民族在语言中蓝和绿混用，却仍然存在蓝和绿的范畴界限，这一界限与光谱物理分区一致。Pilling 和 Davies (2004)让 Ndonga 语被试和英语被试完成颜色分类任务和颜色搜索任务，发现虽然在 Ndonga 语中没有 orange(橙)、pink(粉红)和 purple(紫)等颜色词，但 Ndonga 语被试和英语被试对颜色分类和颜色搜索并未出现明显差异。张启睿等(2007)比较彝族、白族、纳西族与汉族被试对 11 种基本颜色词的分类，发现 4 个民族的颜色词语义空间的维度相似，都有"非彩色/彩色"维度，颜色词语

义空间的坐标值相关也很高。这说明，虽然不同民族的颜色认知有一定差异，但却存在知觉范畴的普遍性，这种普遍性可能是基于人眼的生理特征和光波的物理属性形成的。诸多研究认为，颜色分类由神经生理的早期水平决定，人们看光谱时具有明显的不连续性，这种不连续性直接导致颜色分类的结果(Cowey, Heywood, & Irving–Bell, 2001; Fagot, Goldstein, Davidoff, & Pickering, 2006; Franklin & Davies, 2004; Hanazawa, Komatsu, & Murakami, 2000; Okajima, Robertson, & Fielder, 2002; Pitchford & Mullen, 2002; Regier et al., 2007)。

5.3 颜色 CP 效应的普遍性与语言驱动机制并存：颜色词与颜色认知关系的相互作用理论

本研究证实语言对颜色知觉的影响，印证了语言直接效应存在，又发现了普遍颜色知觉范畴存在的可能性。因此，笔者认为，颜色 CP 效应同时存在于左脑和右脑，是不同加工机制并存的结果。物理信息和词汇编码均是颜色 CP 效应产生的原因。物理信息反映普遍的颜色知觉效应，词汇编码反映语言的作用。这一看法同许多已有研究的结果一致(Constable & Becker, 2017; Drivonikou et al., 2007; Koida & Komatsu, 2007; Franklin et al., 2008; Pilling, Wiggett, Özgen, & Davies, 2003; 吴柏周等，2019)。

源发性的 CP 效应可能源于大脑对颜色知觉固有的特征觉察能力，是一种知觉混淆。Constable 和 Becker(2017)认为，由于范畴间色块在知觉上差异较大，范畴内色块差异较小，从而导致知觉混淆，造成 CP 效应。Thériault 等指出，生物因素对颜色 CP 效应的影响已经得到证实，在光谱上任意选两个距离相等的颜色，当这两个颜色分属于不同范畴时更容易被觉察，这种 CP 效应是大脑对颜色知觉固有的特征觉察能力(Thériault, Pérez–Gay, Rivas, & Harnad, 2018)。由语言驱动的 CP 效应主要存在于左脑，但同时需要考虑语言的特性。本研究证实，语言驱动的 CP 效应由于语言对右脑的激活而存在于右脑。语言驱动的 CP 效应随着任务变化发生变化。Winawer 等(2007)认为，语言对颜色知觉的影响是实时的，颜色知觉可以被语言干扰，甚至被消退。当颜色可命名时，语言对颜色知觉的影响更显著(Pilling & Davies, 2004)。Zhong 等人(2018)发现，被试在右视野色环搜索中出现 CP 效应，随着启动任务变化而变化，在蓝–绿启动条件下，右视野 CP 效应扩大，在深–浅判断启动条件下，右视野 CP 效应缩小。Maier 等人(2014)通过给被试原本不熟悉事物贴上语言标签来考察其 EEG 变化，发现语言在知觉早期已显示出影响，少量不清晰的语义标签已经足以引起 CP 效应。吴柏周等人(2019)采用色觉疲劳和语义饱和操作分别独立地改变知觉加工或语义加工，发现单独改变知觉加工或语义加工能力均能影响颜色 CP 效应。本研究结果与上述研究结果一致。

普遍机制与语言如何共同作用于颜色 CP 效应？Regier 和 Xu(2017)提出"范畴调节模型"，认为当不同线索组成的信息同时呈现时，个体对线索的整合标准是依据对信息的确信度进行

权衡，对颜色信息的确信程度是颜色知觉判断线索整合的关键。Thériault 等人(2018)提出“CP 缩减模型”，认为在语言范畴学习前，即无监管学习阶段，个体对范畴信息获取极少，未对范畴贴标签，但无监管学习如果量足够大，也可能形成范畴界限，一旦无监管学习的范畴界限形成，语言的标签作用对 CP 效应的影响就会降低。当无监管学习无法形成范畴界限时，语言的介入会显著地扩大 CP 效应，两者可以共同作用。Hu, Hanley, Zhang, Liu 和 Roberson(2014)提出“冲突模型”，认为颜色 CP 效应产生是由于区分范畴内色块时视觉编码和言语/范畴编码产生冲突而导致，即两个范畴内色块呈现时，视觉编码认为色块不同，言语编码却给予相同编码，因此产生冲突，延长了反应时间。神经生理学证据也证明 CP 效应普遍机制和语言驱动机制共存。Brouwer 等认为，普遍机制与语言驱动机制的共存具有任务依赖特点，他们采用 fMRI 检测被试完成颜色命名任务和注意分散任务的皮质激活，发现在颜色命名中，脑区出现了聚类现象，而在注意分散任务中并无这一现象。这说明，个体会依据任务不同改变对颜色的表征，有时进行分散表征，有时进行聚类表征(Brouwer & Heeger, 2013)。Bird, Berens, Horner 和 Franklin(2014)运用 fMRI 也证实个体分辨具体颜色和分辨颜色范畴是运用不同的脑区，以不同的方式编码。

为了解决普遍进化理论和 Whorf 假设的争论，张积家、方燕红和谢书书(2012)在大量研究证据基础上，提出“颜色词与颜色认知关系的相互作用理论”(Interactive Theory of Color Terms and Color Cognition)。该理论认为，颜色认知既涉及自下而上的数据驱动加工，又涉及自上而下的概念驱动加工。影响颜色认知的因素有物理、生理、认知、智力、语言和文化六个因素，这六个因素分为三个层次：(1)物理–生理水平：在这一层次上起作用的是颜色的物理属性[包括波长(色调)、光强(明度)和光的纯杂程度(饱和度)]和人眼的生理特性(包括视网膜上的感光细胞和传导中的颜色加工通路)；(2)认知–智力水平：在这一层次上起作用的是认知(包括感觉、知觉、记忆和思维)和智力；(3)社会–文化水平：包括不同社会的颜色文化，如颜色偏爱、颜色和颜色词的联想意义和象征意义等。颜色的物理属性和人眼的生理构造使得不同地域、不同民族的人的颜色认知具有一致性；语言和文化是理解颜色意义的前提，纷繁复杂的语言和文化使人类的颜色认知表现出差异；认知过程和智力水平是颜色认知的关键。认知过程不同，智力水平不同，使得同一语言和同一文化背景之下的人们的颜色认知也出现差异。三个层次、六个因素的相互作用，决定人对颜色的认知结果。张积家等人多次对纳西族、彝族、白族、傈僳族、普米族、摩梭人、鄂伦春族、蒙古族等少数民族的颜色认知进行考察，并与汉族人比较，以跨语言和跨文化的研究结果印证了“颜色词与颜色认知关系的相互作用理论”的合理性(张积家，陈栩茜，尤宁，王斌，2018；张积家，孟乐，2018；谢书

书，张积家，2019)。

本研究表明，颜色 CP 效应既具有普遍机制，也存在语言驱动，支持颜色词与颜色认知关系的相互作用理论。语言对颜色知觉的影响具有不确定性，这种不确定性受个体对颜色视觉信息的确信程度和实验任务等因素影响。本研究更表明，在通过颜色 CP 效应来检验 Whorf 假设时，需要考虑语言本身的特点，并非所有语言都只激活左脑。当然，本研究无法明确语言信息在颜色知觉不同阶段所起的作用，也无法确定右脑的 CP 效应的产生究竟源于语言的驱动还是由于普遍机制的作用所致。这些问题在进一步的研究中应该继续探索。

参考文献

Bai, G. S. (2001). *Color and Naxi culture*. Social Science Literature Press of China.

[白庚胜. (2001). *纳西民俗与色彩*. 北京：社会科学出版社.]

Bao, S. (2015). Perceptual learning in the developing auditory cortex. *European Journal of Neuroscience*, *41*(5), 718–724.

Berlin, B., & Kay, P. (1991). *Basic color terms: Their universality and evolution*. The David Hume series of philosophy and cognitive science reissues Berkeley: University of California Press.

Bird, C. M., Berens, S. C., Horner, A. J., & Franklin, A. (2014). Categorical encoding of color in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(12), 4590–4595.

Bornstein, M. H., & Korda, N. O. (1984). Discrimination and matching within and between hues measured by reaction times: some implications for categorical perception and levels of information processing. *Psychological Research*, *46*(3), 207–222.

Boynton, R. M., & Olson, C. X. (1990). Salience of chromatic basic color terms confirmed by three measures. *Vision Research*, *30*(9), 1311–1317.

Brouwer, G. J., & Heeger, D. J. (2013). Categorical clustering of the neural representation of color. *The Journal of Neuroscience*, *33*(39), 15454–15465.

Brown, A. M., Lindsey, D. T., & Guckes, K. M. (2011). Color names, color categories, and color–cued visual search: Sometimes, color perception is not categorical. *Journal of Vision*, *11*(12), 1–21.

Cibelli, E., Xu, Y., Austerweil, J. L., Griffiths, T. L., & Regier, T. (2016). The Sapir–Whorf hypothesis and probabilistic inference: evidence from the domain of color. *PLoS One*，*11*(8), e0161521.

Clifford, A., Franklin, A., Davies, I. R. L., & Holmes, A. (2009). Electrophysiological markers of categorical perception of color in 7–month old infants. *Brain and Cognition*, *71*(2), 165–172.

Clifford, A., Holmes, A., Davies, I. R. L., & Franklin, A. (2010). Color categories affect pre–attentive color

perception. *Biological Psychology*, *85*(2), 275–282.

Constable, M. D., & Becker, S. I. (2017). Right away: A late, right–lateralized category effect complements an early, left–lateralized category effect in visual search. *Psychonomic bulletin & Review*, *24*(5), 1611–1619.

Cowey, A., Heywood, C.A., & Irving–Bell, L. (2001). The regional cortical basis of achromatopsia: a study on macaque monkeys and an achromatopsic patient. *European Journal of Neuroscience*, *14*, 1555–1566.

Daoutis, C. A., Pilling, M., & Davies, I. R. L. (2006). Categorical effects in visual search for colour. *Visual Cognition*, *14*(2), 217–240.

Davies, I. R. L., Corbett, G. G., Laws, G., McGurk, H., Moss, A. St. G., & Smith, M. W. (1991). Linguistic basicness and colour information processing. *International Journal of Psychology*, *26*(3), 311–327.

Davidoff, J., Davies, I., & Roberson, D. (1999). Color categories in a stone–age tribe. *Nature*, *398*, 203–204.

Davidoff, J. (2001). Language and perceptual categorization. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(9), 382–387.

Drivonikou, G. V., Kay, P., Regier, T., Ivry, R. B., Gilbert, A. L., Franklin, A., & Davies, I. R. L. (2007). Further evidence that Whorfian effects are stronger in the right visual field than the left. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(3), 1097–1102.

Edwards, D. J. (2017). Unsupervised categorization with a child sample: category cohesion development. *European Journal of Developmental Psychology*, *14*(1), 75–86.

Fagot, J., Goldstein, J., Davidoff, J., & Pickering, A. (2006). Cross–species differences in color categorization. *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*(2), 275–280.

Folstein, J. R., Palmeri, T. J., Van G. A. E., & Gauthier, I. (2015).Category learning stretches neural representations in visual cortex. *Current Directions in Psychological Science*, *24*(1), 17–23.

Fonteneau, E., & Davidoff, J. (2007). Neural correlates of colour categories. *Neuroreport*, *18*(13), 1323–1327.

Franklin, A., & Davies, I. (2004). New evidence for infant color categories. *British Journal of Development Psychology*, *22*, 349–377.

Franklin, A., Clifford, A., Williamson, E., & Davies, I. (2005). Color term knowledge does not affect categorical perception of color in toddlers. *Journal of Experimental Child Psychology*, *90*(2), 114–141.

Franklin, A., Pilling, M., & Davies, I. R. L. (2005). The nature of infant color categorization: evidence from eye movements on a target detection task. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*(3), 227–248.

Franklin, A., Drivonikou, G. V., Bevis, L., Davies, I. R. L., Kay, P., & Regier, T. (2008). Categorical perception of color is lateralized to the right hemisphere in infants, but to the left hemisphere in adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(9), 3221–3225.

Franklin, A., Wright, O., & Davies, I. R. L. (2009). What can we learn from toddlers about categorical perception of color? Comments on Goldstein, Davidoff, and Roberson. *Journal of Experimental Child Psychology*, *102*(2), 239–245.

Gilbert, A.L., Regier, T., Kay, P., & Ivry, R. B. (2006). Whorf hypothesis is supported in the right visual field but not the left. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(2), 489–494.

Gilbert, A. L., Regier, T., Kay, P., & Ivry, R. B. (2008). Support for lateralization of the Whorf effect beyond the realm of color discrimination. *Brain and Language*, *105*(2), 91–98.

Goldstein, J., Davidoff, J., & Roberson, D. (2009). Knowing color terms enhances recognition: further evidence from English and Himba. *Journal of Experimental Child Psychology*, *102*(2), 219–238.

Hanazawa, A., Komatsu, H., & Murakami, I. (2000). Neural selectivity for hue and saturation of color in the primary visual cortex of the monkey. *European Journal of Neuroscience*, *12*(5), 1753–1763.

Harnad, S. (1987). *Categorical perception: the groundwork of cognition*. New York: Cambridge University Press.

Holmes, K. J., & Wolff, P. (2012). Does categorical perception in the left hemisphere depend on language? *Journal of Experimental Psychology: General*, *141*(3), 439–443.

Hu, Z., Hanley, J. R., Zhang, R., Liu, Q., & Roberson, D. (2014).A conflict–based model of color categorical perception: evidence from a priming study. *Psychonomic Bulletin & Review*, *5*, 1214–1223.

Jameson, K. A. (2005). Culture and cognition: what is universal about the representation of color experience? *Journal of Cognition and Culture*, *5*(3), 293–348.

Kay, P., & Kempton, W. (1984). What is the Sapir–Whorf hypothesis? *American Anthropologist*, *86*(1), 65–79.

Kay, P. (2002). Color categories are not arbitrary. *Journal of Vision*, *2*(10), 1–21.

Kay, P., & Regier, T. (2003). Resolving the question of color naming universals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *100*(15), 9085–9089.

Kay, P., & Regier, T. (2006). Language, thought and color: recent developments. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(2), 51–54.

Koida, K., & Komatsu, H. (2007). Effects of task demands on the responses of color selective neurons in the inferior temporal cortex. *Nature Neuroscience*, *10*(1), 108–116.

Kwok, V., Niu, Z., Kay, P., Zhou, K., Mo, L., Jin, Z., So, K., & Tan, L. H. (2011). Learning new color names produces rapid increase in gray matter in the intact adult human cortex. *Proceedings of the National Academy of Science*, *108*(16), 6686–6688.

Levinson, S. A. (1997). Yélî Dnye and the theory of basic color terms. *Journal of Linguistic Anthropology*, *10*(1),

3–55.

Li, J., He, H., Wu, B., Hou, Y., Cao, K., & A, R. (2018). Behavioral and ERP study of color categorical perception in proficient and nonproficient bilinguals. *Acta Psychologica Sinica*, *50*(11), 1259–1268.

[李杰，何虎，吴柏周，侯友，曹亢，阿如罕. (2018). 不同熟练度双语者的颜色范畴知觉效应：来自行为和 ERP 的证据.*心理学报*, *50*(11), 1259–1268.]

Lillo, J., Gonzalez–Perilli, F., Prado–Leon, L., Melnikova, A., Álvaro, L., Collado, J. A., & Moreira, H. (2018). Basic color terms(BCTs) and categories (BCCs) in three dialects of the Spanish language interaction between cultural and universal factors. *Frontiers in Psychology*, *9*, 1–19.

Liu, Q., Li, H., Campos, J. L., Teeter, C., Tao, W., Zhan, Q., & Sun, H. (2010). Language suppression effects on the categorical perception of colour as evidenced through ERPs. *Biological Psychology*, *85*(1), 45–52.

Maier, M., Glage, P., Hohlfeld, A., & Rahman, R. A. (2014). Does the semantic content of verbal categories influence categorical perception? An ERP study. *Brain and Cognition*, *91*, 1–10.

Mo, L., Xu, G., Kay, P., & Tan, L. H. (2011). Electrophysiological evidence for the left–lateralized effect of language on preattentive categorical perception of color. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(34), 14026–14030.

Okajima, K., Robertson, A.R., & Fielder, G. H. (2002). A quantitative network model for color categorization. *Color Research & Application*, *27*(4), 225–232.

Özgen, E., & Davies, I. R. L. (2002). Acquisition of categorical color perception: a perceptual learning approach to the linguistic relativity hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *131*(4), 477–493.

Pilling, M., Wiggett, A, Özgen, E., & Davies, I. R. L. (2003). Is color "categorical perception" really perceptual? *Memory & Cognition*, *31*(4), 538–551.

Pilling, M., & Davies, I. (2004). Linguistic relativism and colour cognition. *British Journal of Psychology*, *95*(4), 429–455.

Pitchford, N. J., & Mullen, K. T. (2002). Is the acquisition of basic color terms in young children constrained? *Perception*, *31*, 1349–1370.

Regier, T., Kay, P., & Cook, R. S. (2005). Focal colors are universal after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *102* (23), 8386–8391.

Regier, T., Kay, P., & Khetarpal, N. (2007). Color naming reflects optimal partitions of color space. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(4), 1436–1441.

Regier, T., & Kay, P. (2009). Language, thought, and color: Whorf was half right. *Trends in Cognitive Sciences*,

13(10), 439–446.

Regier, T., & Xu, Y. (2017). The Sapir–Whorf hypothesis and inference under uncertainty. *WIREs Cognitive Science*, *8*(6), e1440.

Roberson, D., & Davidoff, J. (2000). The categorical perception of colors and facial expressions: the effect of verbal interference. *Memory and Cognition*, *28*(6), 977–986.

Roberson, D., Pak, H., & Hanley, J. R. (2008). Categorical perception of color in the left and right visual field is verbally mediated: Evidence from Korean. *Cognition*, *107*(2), 752–762.

Siok, W. T., Perfetti, C. A., Jin, Z., & Tan, L. H. (2004). Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture. *Nature*, *431*, 71–76.

Siok, W. T., Kay, P., Wang, W. S. Y., Chan, A. H. D., Chen, L., Luke, K., & Tan, L. H. (2009). Language regions of brain are operative in color perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(20), 8140–8145.

Tan, L. H., Liu, H. L., Perfetti, C. A., Spinks, J. A., Fox, P. T., & Gao, J. H. (2001). The neural system underlying Chinese logograph reading. *NeuroImage*, *13*(5), 836–846.

Tan, L. H., Laird, A., Li, K., & Fox, P. T. (2005). Neuroanatomical correlates of phonological processing of Chinese characters and alphabetic words: a meta–analysis. *Human Brain Mapping*, *25*(1), 83–91.

Tan, L. H., Chan, A. H. D., Kay, P., Khong, P., Yip, L. K. C., & Luke, K. (2008). Language affects patterns of brain activation associated with perceptual decision. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(10), 4004–4009.

Thériault, C., Pérez–Gay, F., Rivas, D., & Harnad, S. (2018). Learning–induced categorical perception in a neural network model. *Topics in Cognitive Science*, (3), 1–11.

Thierry, G., Athanasopoulos, P., Wiggett, A., Dering, B., & Kuipers, J. (2009). Unconscious effects of language–specific terminology on preattentive color perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106* (11), 4567–4570.

Wang, J., Zhang, J. J., & Lin, N. (2010). Nari people's concept structure on color terms – compared with Naxi people's concept structure on color terms. *Journal of Minzu University of China (Philosophy and Social Sciences Edition)*, *37*(2), 87–93.

[王娟, 张积家, 林娜. (2010). 纳日人颜色词的概念结构——兼与纳西族人颜色词概念结构比较. *中央民族大学学报(哲学社会科学版)*, *37*(2), 87–93.]

Wang, J., & Zhang, J. J. (2012). Color terms and color cognition: based on the perspective of national psychology.

Advances in Psychological Science, *20*(8), 1159‒1168.

[王娟，张积家.(2012). 颜色词与颜色认知的关系——基于民族心理学的研究视角. *心理科学进展*, *20*(8), 1159‒1168.]

Winawer, J. A., Witthoft, N., Wu, L., & Boroditsky, L. (2003). Effects of language on color discriminability. *Journal of Vision*, *3*, 711.

Winawer, J., Witthoft, N., Frank, M. C., Wu, L., Wade, A. R., & Boroditsky, L. (2007). Russian blues reveal effects of language on color discrimination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(19), 7780‒7785.

Witzel, C., & Gegenfurtner, K. (2013). Categorical sensitivity to color differences. *Journal of Vision*, *13*(7).

Wu, B., Li J., He, H., Hou, Y., Jia, Y., & Feng, S. (2019). Categorical perception of color can be instantly influenced by color vision fatigue and semantic satiation. *Acta Psychological Sinica*, *51*(2), 196‒206.

Xie, S. S., & Zhang, J. J. (2007). A Research Summary and New Perspective of the Study of the Nature of Naxi Dongba Script. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition)*, (3), 107‒114.

[谢书书，张积家. (2007). 纳西东巴文字性质研究进展和新视角. *华南师范大学学报(社会科学版)*, (3), 107‒114.]

Xie, S. S., & Zhang, J. J. (2019). The mechanism of color category perception: effects of language. *Advances in Psychological Science*, *27*(8), in press.

[谢书书，张积家. (2019). 颜色类别知觉效应的机制：语言的作用. *心理科学进展*, 27(8), 印刷中.]

Xie, S. S., Zhang, J. J., He, X. M., Lin, N., & Xiao, E. P. (2008). Culture's effects on 'black' and 'white' color cognition of undergraduates from Yi Nation, Bai Nation, Naxi Nation and Han Nation. *Acta Psychologica Sinica*, *40*(8), 890‒901.

[谢书书，张积家，和秀梅，林娜，肖二平. (2008). 文化差异影响彝、白、纳西和汉族大学生对黑白的认知. *心理学报*, *40*(8), 890‒901.]

Xie, S. S., & Zhang, J. J. (2012). The contribution of Naxi Dongba characters to language cognition researches. *Advances in Psychological Science*, *20* (8), 1212‒1221.

[谢书书，张积家. (2012). 东巴文认知研究对心理语言学的贡献及展望. *心理科学进展*, *20*(8), 1212‒1221.]

Yang, B., Xu, S. T., & Ou, Y. Q. (1989). The functional characteristic of the hemispheres for recognizing Chinese characters and English words in subjects with different native language. *Acta Psychologica Sinica*, *21*(2), 70‒74.

[羊彪，许世彤，区英琦. (1989). 母语不同者在汉字及英文辨认中大脑两半球的功能特点. *心理学报*, *21*(2), 70‒74.]

Zhang, Q. R., He, X. M., & Zhang, J. J. (2007). A comparative study on the classification of basic color terms by undergraduates from Yi nationality, Bai nationality and Naxi nationality. *Acta Psychologica Sinica*, *39*(1), 18–26.

[张启睿，和秀梅，张积家. (2007). 彝族、白族和纳西族大学生的基本颜色词分类. *心理学报*, *39*(1), 18–26.]

Zhang, J. J., Liu, L. H., Chen, X., & He, X. M. (2008). Study on the relationship between the color cognition and Naxi color language. *Minority Languages of China*, (2), 49–55.

[张积家，刘丽虹，陈曦，和秀梅. (2008). 纳西语颜色认知关系研究. *民族语文*, (2), 49–55.]

Zhang, J. J., Fang, Y. H., & Xie, S. S. (2012). Interactive theory of color cognition and its evidence. *Advances in Psychological Science*, *20*(7), 949–962.

[张积家，方燕红，谢书书. (2012). 颜色词与颜色认知的关系：相互作用理论及其证据. *心理科学进展*, *20*(7), 949–962.]

Zhong, W., Li, Y., Huang, Y., Li, H., & Mo, L. (2018). Is the lateralized categorical perception of color a situational effect of language on color perception? *Cognitive Science*, *42*(1), 350–364.

Zhou, K., Mo, L., Kay, P., Kwok, V. P. Y., Tiffany, N. M. I., & Tan, L. H. (2010). Newly trained lexical categories produce lateralized categorical perception of color. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(22), 9974–9978.

Zhang, J. J., Chen, X. Q, You, N., & Wang, B. (2018). On how conceptual connections influence the category perception effect of colors: another evidence of connections between language and cognition. *Acta Psychologica Sinica*, *50*(4), 390–399.

[张积家，陈栩茜，尤宁，王斌. (2018). 颜色词的语用关系影响颜色认知. *心理学报*, *50*(4), 390–399.]

Zhang, J. J., & Meng, L. (2018). The effect of language and color culture on the colour cognition of undergraduates from Mongol nationality and Han nationality. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition)*, (5), 59–69.

[张积家，孟乐. (2018). 语言和颜色文化对蒙、汉大学生颜色认知的影响. *华南师范大学学报(社会科学版)*, (5), 59–69.]

Categorical Perception of Color is Significant both in the Right Visual Field and the Left: Evidence from Naxi Speakers and Mandarin Speakers

XIE Shushu[1]; ZHANG Jijia[2]; ZHU Jun[3]

([1] *Teachers College, Jimei University, Xiamen* 361021, China)

([2] *Department of Psychology, Renmin University of China*; *The State Ethnic Affairs Commission Key Research*,

Center for Language, Cultural, and Psychology; *Key Research Center for National Psychology and Education, the National Education Development Center of the Ministry of Education, Beijing* 100872, China)

([3] *Light Industry Technician College of Guangzhou, Guangzhou* 510310, China)

Abstract

Categorical perception (CP) effect indicates that people are faster and more accurately at discriminating between two colors from different categories than two colors from the same category, even when between- and within-category chromatic separation sizes are equated. CP effect is an important evidence for the controversy between Sapir–Whorf hypothesis and the Universal Evolution theory (UE). The Sapir–Whorf hypothesis holds that CP is language–driven. They found that CP is left–lateralized and is disrupted by verbal，but not by nonverbal interference task. Moreover, the language–driven CP also got support from cross–language researches and neurophysiological studies. However，the Universal Evolution theory (UE) holds that CP effect results from universal focal colors and is independent from language. The current study presented two experiments that replicated and extended the earlier studies by using the same task but different participants. We compared green–blue discrimination of Chinese Naxi ethnic who speaks Naxi language and Chinese Han ethnic who speaks Mandarin. The two ethnics have different semantic boundaries of green–blue.

There are three experiments in the current study. In experiment 1，Participants were given a visual search task that required them to detect a single target color among 11 identical distracters. The stimuli were two colors G1 and G2 from green category (Munsell 7.5G and 7.5BG) and two colors B1 and B2 from blue category (Munsell 2.5BG and 2.5B). Four colors formed a graded series from green to blue，with the green–blue boundary falling between G2 and B1. In the visual search task，each stimulus display consisted of a ring of colored squares surrounding a central fixation marker. All squares were of the same color except the target. Participants were asked to press “F” or “J” key as soon and correctly as possible to indicate whether the target was in the left or right side of the circle. Experiment 2 was to ensure that the difference between the two groups in experiment 1 was not due to the slow reaction of the Naxi people to all colors. In experiment 3 block 1, participants were asked to finish green–blue visual search task and nonverbal interference task at the same time, and visual search task and verbal interference task in block 2.

Reaction time and accuracy of the visual search task showed that: 1) It was more difficult for the Naxi speakers, who always use the same word to express green and blue, to discriminate green

and blue than the Mandarin speakers; 2) The categorical perception (CP) effect was found both in Naxi and Mandarin speakers. CP of Naxi speakers is probably related to their using similar–color objects to describe different colors in green–blue category; 3) The CP of Naxi and Mandarin speakers are both significant in the right visual field (RVF) and the left visual field (LVF). Moreover，the CP in the LVF was disrupted by the secondary task that engaged spatial working memory. Both the CP in the LVF and the CP in the RVF was disrupted by the verbal interference task. These results indicate that the CP in the LVF is related to the fact that Naxi and Mandarin language activates the right hemisphere.

All the findings reported here provide a more complex possible explanation of CP. Firstly, Naxi speakers were significantly more difficult to discriminate green and blue than Mandarin speakers. It supports the Sapir–Whorf hypothesis that language affects color perception. Secondly, CP appeared notably both in Naxi speakers and Mandarin speakers. It showed the online language effect on color perception, and supported universal category perception as well. Thirdly, CP was found both in the RVF and LVF. Moreover, CP in the LVF was disrupted by the pattern–memory task, and CP in the LVF and RVF were both disrupted by the verbal task. The results support the perspective combining the Universal Evolution theory (UE) and the Sapir–Whorf hypothesis.

Keywords Categorical perception; Bilateral effects; Sapir–Whorf hypothesis; Naxi speakers; Mandarin speakers.